Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 1, Spring 2022, p. 177-191

Investigation of Genetic Diversity of Some Wild Barberry Genotypes (*Berberis* spp.) in Alborz and Tehran Provinces Using Morpho-pomological Markers

M. Pirkhezri[1*]

Received: 17-03-2021
Revised: 20-06-2021
Accepted: 18-10-2021
Available Online: 20-06-2022

How to cite this article:
Pirkhezri M. 2022. Investigation of Genetic Diversity of Some Wild Barberry Genotypes (*Berberis* spp.) in Alborz and Tehran Provinces Using Morpho-pomological Markers. Journal of Horticultural Science 36(1): 177-191. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/JHS.2021.68493.1018

Introduction

Barberry is one of the native plants of Iran and tolerates environmental stresses, especially drought. This species can play a special role in the future development of horticulture in Iran. This species is drought tolerant and can be used in the development of rain-fed gardens. The Barberry family contains 15 genera and 650 species, most of which are distributed in the temperate regions of the Northern Hemisphere. The most important genus in the barberry family is *Berberis*. This genus has 500 species, some of which, including Zalzalaki, Zarafshani, Khorasani, Rastkhoshe, common and Japanese barberry, exist in Iran (i.e., *Berberis vulgaris, B. orthobotrys, B. crataegina, B. integerrima, and B. khorasanica*, respectively). This plant is widely distributed in Iran. Various wild species of barberry are distributed in the southern and northern slopes of Alborz from Firoozkooh, Taleghaneh, Miyaneh to Amarlu of Gilan. This genus grows on large areas of the Zagros at an altitude of 1000 to 2500 meters above sea level. Iran is the largest producer of seedless barberry in the world with a cultivated area of 18341 hectares and production of 21181 tons of dried barberry. This species can play a special role in the future development of horticulture in the country and reduce the pressure on water resources, especially in rain-fed horticulture.

Materials and Methods

In this study, 25 genotypes were evaluated from three regions: west of Alborz province (Taleghan region), north of Alborz province (Chalus road and Khuzenkola, Arangeh, Asara to Dizin heights) and northeast of Tehran (Lavasanat). Morphological evaluation was performed according to UPOV instruction (TG 68/3). 32 quantitative and qualitative morphological and horticultural traits were evaluated according to UPOV (TG 3.68). Of which, 11 quantifiable traits including leaf length and width, fruit length and width, pedicel length, Berries per raceme, cluster length, spines length, vitamin C, TA (Titratable Acidity) and TSS (Total Soluble Solid) were analyzed.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed significant differences between genotypes for all quantative traits evaluated at the level of 1% and for the number of berries per cluster at the level of 5%. The high coefficient of variation indicates high variability for the desired trait, which allows the breeder to have more choices for selecting desired genotypes. The number of fruits per cluster with 45.55, spines length with 28.67 and titratable acid with 26.58 percent malic acid, had the highest range of changes. Qualitative traits included Foliage secondary color, Leaf curvature and Leaf margin, Leaf glossiness, Color of lower side, Fruit tip, Fruit waxiness, Foliage persistence, and Shoot color in spring among the genotypes were uniform and without variance. The lowest coefficient of variation among quantitative traits was related to Brix (7. a16 percent) and fruit length

1- Assistant Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: pirkhezri_mohi@yahoo.com)

(13.14 percent). The highest number of fruits was belonged to Lavasan genotype (AD8) giving an average of 25 fruits per cluster, which was substantially different from other genotypes. The highest and lowest fruit length and width are related to Taleghan 5 (11.59 mm) and Chalus 7 (3.26 mm) genotypes, respectively. In a study, the average length and width of barberry fruit were 7.69 and 3.32 mm, respectively. Vitamin C is one of the nutritional values of fruits and has direct effects on human health. Wild barberry genotypes possessing the least vitamin C content (4.7 mg/per 100 gram) of fresh fruit (Asara I genotype) and also the fruits containing the highest values (i.e., 10.57 (Taleghan 4), 9.63 (Chalous 8) and 9.4 (Taleghan 8)) yielded more than even temperate fruits such as stone and pome fruits (The mean amount of vitamin C in apples, grapes and black cherries is 4.6, 4, 10 mg/100 g FW, respectively). This value in strawberries as an indicator plant is reported between 10 and 100 and an average of 58.8 and the value for lemons is 53 mg/100 g FW. Khayat and Mahmoud Abadi (2010) reported the amount of vitamin C in seedless barberry treated by fertilizers varied from 4 to 9 mg per 100 g of fresh fruit.

The highest values of total soluble solids or Brix˚ were related to Chalus 8 genotypes with value of 24.83% and Chalus 1 with value of 23.23% and the lowest amount was related to Asara 2 genotype with 18.1%. Khayat and Mahmoud Abadi (2010) reported the total soluble solids ranged between 18.3 to 33.06 percent in seedless barberry, which is much higher than our experiment. The highest titratable acidity were observed in Taleghan 4, Taleghan 8 and Taleghan 2 genotypes, with 2.66, 2.65 and 2.41 mg/ml malic acid respectively, and the lowest titratable acid was observed in Chalus 9 genotype with 1.12 mg/ml malic acid. This value has been reported in domestic barberry is between 1.07 and 2.95. The highest mean leaf lengths were observed in Chalus cultivars 3 and 5. Among the genotypes, Taleghan 7 has the longest Pedicel length.

Conclusion

The selected genotypes for breeding programs were the Oshan (AD8) genotypes with an average of 25 fruits per cluster. Regarding vitamin C content the prominent genotypes were the Taleghan 4 (10.57), Chalus 8 (9.63) and Taleghan 8 (9.4) mg/100 g F.W. The highest genotypes for total soluble solids were Chalus 8 genotypes with 24.83 and Chalus 1 with 23.23 percent.

Keywords: Barberry, Cluster analysis, Genetic distance, Vitamin C

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۱۹۱-۱۷۷

ارزیابی تنوع ژنتیکی برخی از ژنوتیپ‌های زرشک وحشی (*Berberis* spp.) در استان‌های البرز و تهران با استفاده از نشانگرهای ریخت‌شناسی و میوه‌شناسی

محی الدین پیرخضری[1]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶

چکیده

زرشک از گیاهان بومی ایران و متحمل به تنش‌های محیطی بخصوص خشکی است. تنوع ژنتیکی ۲۵ ژنوتیپ زرشک وحشی در دامنه‌های شمالی استان‌های تهران و البرز با استفاده از خصوصیات مورفولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. ۳۲ صفت کمّی و کیفی مورفولوژیکی و باغبانی بر اساس دستورالعمل UPOV (TG 68/3) ارزیابی شدند که از این تعداد ۱۱ صفت کمی قابل اندازه‌گیری شامل طول و عرض برگ، طول و عرض میوه، طول دمگل، تعداد حبه در خوشه، طول خار، ویتامین ث، TA (Titratable Acidity) و TSS (Total Soluble Solid) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تعیین فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از روش‌های آماری چند متغیره شامل تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای و ضرایب همبستگی بین صفات استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها برای تمام صفات کمّی مورد ارزیابی نشان داد. تعداد حبه در خوشه با ۴۵/۵۵ ، طول خار با ۲۸/۶۷ و اسید قابل تیتراسیون با ۲۶/۵۸ درصد بیشترین دامنه تغییرات را داشتند. ژنوتیپ‌های وحشی زرشک با دارا بودن حداقل میزان ۴/۷ میلی‌گرم ویتامین ث در صد گرم میوه تازه (ژنوتیپ آسارا یک) و بیشترین مقدار ویتامین ث ۱۰/۵۷ (طالقان ۴) و ۹/۶۳ (چالوس ۸) و ۹/۴ (طالقان ۸) در مقایسه با میوه های معتدله مانند سیب، انگور، گیلاس و هلو قابل توجه هستند. طبق تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های زرشک وحشی به پنج گروه اصلی و ده زیر گروه و یک ژنوتیپ مستقل (چالوس ۹) تقسیم شدند. در اکثر موارد ژنوتیپ‌ها با موقعیت اقلیمی یکسان رویشی در یک گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های گروه یک بالاترین طول و عرض میوه، طول و عرض برگ و طول خار را داشتند. در این میان ژنوتیپ‌های چالوس ۸ و طالقان ۸ با دارا بودن مقدار بالای ویتامین ث، در یک زیر گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های طالقان۴، چالوس ۸ و طالقان ۸ با بیشترین میزان ویتامین ث قابل اهمیت در برنامه‌های اصلاحی هستند. تنوع مشاهده شده در بین ژنوتیپ‌های زرشک وحشی زمینه مناسبی برای برنامه‌های اصلاحی و انتقال صفات مطلوب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، زرشک، فاصله ژنتیکی، ویتامین ث

مقدمه

زرشک از گیاهان بومی ایران و متحمل به تنش‌های محیطی بخصوص خشکی است. زرشک درختچه‌ای تیغ‌دار با نام علمی *Berberis* spp. از تیرهٔ Berberidaceae است که به عنوان یک گیاه دارویی مهم در ایران و بسیاری از کشورهای دنیا از گذشته تاکنون مورد استفاده بوده است. این گیاه یک پایه و گل‌هایش دو جنسی است. گل زرشک خوشه‌ای است. برگ‌هایش عموماً چرمی، حاشیه برگ در بعضی واریته‌ها صاف و در برخی دندانه‌دار است. درختچه زرشک خاردار است و خارهای آن از تبدیل برگ‌ها بوجود آمده‌اند که در محل اتصال خارها به شاخه پهن‌تر می‌شوند. جنس زرشک خود بارور و اختصاصاً اتوگام است (Cardi, 1992). خاصیت سیسموناستی (Seismonasty) بساک‌ها (حالتی که سبب بازشدن یکبارهٔ بساک و رها شدن گرده به روی کلاله در پاسخ به محرک بیرونی می‌شود) و رفتار زنبورهای خرمایی یا زنبور عسل هنگام استفاده از نکتار گل‌ها به خودگرده‌افشانی آن (Anderson *et al.*,

۱- استادیار پژوهش، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول : Email: pirkhezri_mohi@yahoo.com)
DOI: 10.22067/JHS.2021.68493.1018

cardic, 19922001; کمک می‌کند. در این مکانیزم میله بساک‌ها با لمس یا تکان خوردن به وسیله حشرات همانند فنر بسرعت به سمت کلاله می جهند و دانه گرده با ریختن روی کلاله سبب خود گرده افشانی می‌شود (Anderson et al., 2001). با این وجود در برخی منابع دگرگرده‌افشانی را مکانیزم اصلی در گونه زرشک اروپایی *B. vulgaris* ذکر کرده‌اند (Rezaei *et al*., 2011). در حال حاضر زرشک وحشی در دامنه های البرز منبع درآمدی برای جوامع محلی است که از آن آب زرشک تهیه می نمایند و اعتقاد بر این است برای کاهش چربی خون بسیار موثر است.

از جمله خواص دارویی زرشک می‌توان به درمان بیماری‌های کبدی (Blumenthal, 1998)، خاصیت آنتی اکسیدانی (Duke, 2002)، ضد انگلی، ضد التهابی و کاهنده قند (Yin *et al*., 2008)، کلسترول (Sun *et al*., 2009)، تری گلیسرید و فشار خون (Duke, 2002) اشاره کرد. تیره زرشک شامل ۱۵ جنس و ۶۵۰ گونه است که بیشترآن‌ها در مناطق معتدله نیمکره شمالی پراکنده‌اند (Bottini et *al*., 2002). مهم‌ترین جنس در تیره زرشک *Berberis* است. در این جنس گونه‌هایی از جمله زرشک زالزالکی، زرافشانی، خراسانی، راست خوشه، معمولی و زرشک ژاپن (*Berberis vulgaris, B. orthobotrys, B. crataegina, B. integerrima, and B. khorasanica*) در ایران وجود دارد (Rezaei *et al*., 2011). زرشک از گیاهان بومی ایران و متحمل به تنش‌های محیطی به‌خصوص خشکی است. این گونه می تواند در توسعه آتی باغبانی کشور و کاهش فشار بر منابع آبی نقش ویژه ای بخصوص توسعه باغداری دیم ایفا نماید. این گیاه در ایران پراکنش زیادی داشته، انواع گونه‌های وحشی زرشک در دامنه‌های جنوبی و شمالی البرز، فیروزکوه، ارنگه، طالقان، میانه تا عمارلوی گیلان و مناطق وسیعی از دامنه‌های زاگرس در ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متری از سطح دریا انتشار دارند. در شیب‌های تند و به ویژه خاک‌های آهک‌دار در آذربایجان، گیلان، مازندران، گلستان، تهران، خراسان و فارس دیده می‌شوند (Rezaei *et al*., 2011). نوع پرورش یافته آن بی‌دانه بوده که در مناطق مختلفی از استان خراسان جنوبی بخصوص بیرجند و قائنات کاشته می‌شود که جهت چاشنی غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایران با سطح زیر کشتی بالغ بر ۱۸۳۴۱ هکتار و تولید ۲۱۱۸۱ تن زرشک خشک، بزرگترین تولید کننده زرشک بی‌دانه در دنیا می‌باشد، و بیش از ۹۸/۷ درصد تولید جهانی زرشک متعلق به کشور ایران می‌باشد (Ahmadi *et al*., 2019).

کشور ایران تنوع گیاهی و ذخایر ژنتیکی بسیار ارزشمندی به‌ویژه در زمینه محصولات باغبانی دارد. افزایش عملکرد محصولات کشاورزی عمدتاً متکی بر اصلاح و ایجاد ارقام پرمحصول بوده و تنوع ژنتیکی پایه و اساس کار به نژادی است (Eftekhari *et al*., 2010). موفقیت در به نژادی، مستقیماً به تنوع ژنتیکی موجود در گیاه مورد نظر بستگی دارد. گونه‌های وحشی زرشک به دلیل تنوع زیادی که دارند یکی از منابع غنی ژنتیکی جهت انتخاب ارقام برتر برای انجام کارهای اصلاحی هستند. وجود تنوع در جوامع گیاهی به‌عنوان ماده اولیه به‌نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بررسی تنوع ژنتیکی جهت مطالعه ژرم پلاسم، تهیه برنامه‌های به-نژادی، بررسی روند تکامل گونه، رده‌بندی و بسیاری مسائل دیگر اهمیت دارد (Mezzetti *et al*., 2016). بر اساس مطالعات انجام شده روی جنس زرشک وضعیت تنوع ژنتیکی در بین گونه‌های زرشک با استفاده از فاکتورهای مورفولوژیکی در آرژانتین و شیلی مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه حاکی از تنوع زیاد و قابل توجه در بین گونه‌های زرشک بود (Bottini *et al*., 2000). تحقیقات انجام شده روی ۲۵ ژنوتیپ زرشک نشان داد که ژنوتیپ‌های بی‌دانه به دلیل نداشتن بذر، دارای تنوع خصوصیات میوه کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های دانه‌دار هستند (Alizadeh and Hassanpour, 2017). با بررسی بیش از ۴۰ گونه زرشک، ماهونیا و...براساس نشانگرهای مورفولوژیکی و مولکولی مشخص شد که بسیاری از این گونه‌ها دانه‌دار بوده و کیفیت خوراکی خوبی ندارند (Kim and Jansen, 1994). با بررسی تنوع ژنتیکی و ساختار جمعیت‌های زرشک وحشی استان خراسان مشاهده شد که تفاوت قابل توجهی بین این جمعیت‌ها وجود دارد (Heidari *et al*., 2009). این گونه گیاهی می تواند در توسعه آتی باغبانی کشور و کاهش فشار بر منابع آبی نقش ویژه ای بخصوص در باغداری دیم ایفا نماید.

با توجه به اینکه ایران یکی از مناطق اصلی کشت و کار، تولید و همچنین خاستگاه و مرکز تنوع زرشک می‌باشد لذا شناسایی و جمع‌آوری ژرم پلاسم وحشی زرشک و ارزیابی ژرم‌پلاسم جمع‌آوری شده بر اساس دیسکریپتور UPOV جهت گروه‌بندی و تعیین میزان تشابه بین ارقام مختلف زرشک می‌تواند در معرفی ارقام برای مناطق مشابه و دورگ‌گیری در راستای برنامه‌های اصلاحی و ایجاد ژنوتیپ‌های نوین با خصوصیات فیزیولوژیک مطلوب‌تر حائز اهمیت می‌باشد. هدف از این پژوهش شناسایی، ارزیابی و جمع‌آوری ژنوتیپ‌های وحشی زرشک در استان‌های تهران و البرز و نگهداری در کلکسیون ملی بیرجند است.

مواد و روش‌ها

مناطق رویش زرشک وحشی در استان‌های تهران و البرز از غرب یعنی منطقه طالقان همجوار منطقه الموت استان قزوین تا شرق آن یعنی ارتفاعات همجوار استان مازندران در دامنه‌های رشته کوه البرز بصورت تک بوته‌ای، گاهی مجتمع در تمامی جهات شیب‌ها و حتی تا شیب‌های تند ۴۵ درجه با درختچه‌هایی تا ارتفاع سه متر پراکنده است. به‌همین منظور در سه منطقه نسبت به جمع‌آوری ژنوتیپ‌ها در

سال ۱۳۹۶ اقدام گردید. این سه منطقه شامل:

۱) غرب استان البرز (منطقه طالقان) از ارتفاع ۱۷۵۰ متری میان بیشه شیب جنوبی تا ارتفاع ۲۲۰۰ متری گیلیرد شیب شمالی (شکل ۱).

۲) شمال استان البرز (جاده چالوس و مناطق خوزنکلا، ارنگه، آسارا تا ارتفاعات دیزین) از ارتفاع ۱۷۰۰ متر تا ۲۲۵۰ متری دو راهی دیزین.

۳) شمال و شمال شرق تهران (لواسانات) از دامنه های امین آباد حدود ۱۷۰۰ متر تا دامنه های میگون ۲۱۵۰ متر (شکل ۱).



شکل ۱- مناطق شناسایی و ارزیابی نمونه های زرشک وحشی

Figure 1- Areas for identification and evaluation of wild barberry samples

در مجموع از این مناطق ۲۵ ژنوتیپ شناسایی، جمع‌آوری و ارزیابی گردید (جدول ۱). ۳۲ صفت کمّی و کیفی مورفولوژیکی و باغبانی بر اساس دستورالعمل UPOV (TG 68/3) ارزیابی شدند (جدول ۲) که از این تعداد ۱۱ صفت کمی قابل اندازه گیری شامل طول و عرض برگ، طول و عرض میوه، طول دمگل، تعداد حبه در خوشه، طول خار، ویتامین ث، TA (Titratable Acidity) و TSS (Total Soluble Solid) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در هر درخت سه تکرار در سه جهت مختلف نمونه‌گیری و در هر نمونه ۲۰ عدد برگ، گل، خوشه اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری‌ها در زمان گل (هفته اول اردیبهشت) و رسیدن میوه (دهه اول شهریور ماه) انجام گرفت. اندازهٔ میوه، دمگل، و ابعاد برگ و خارها با کولیس دیجیتالی و سایر صفت‌ها با خط‌کش، مواد جامد محلول با رفرکتومتر، اسید قابل تیتراسیون (TA) بر اساس اسید غالب (اسید مالیک) (فرمول ۱) انجام گردید. اندازه‌گیری ویتامین ث با روش تیتراسیون و با کمک یدیدپتاسیم و معرف نشاسته صورت گرفت. ۵ میلی‌لیتر از آب‌میوه صاف شده با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید و ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد به آن اضافه شد. محلول حاصله با یدورپتاسیم (۱۶ گرم یدور پتاسیم + ۱/۲۷ گرم کریستال ید در یک لیتر متانول) تیتر شد و میزان ویتامین ث با استفاده از (فرمول ۲) به دست آمد (A.O.A.C, 2002). داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. از روش‌های چند متغیره آماری شامل تجزیه کلاستر Average Linkage (Between Groups) و تجزیه به عامل‌های اصلی جهت گروه‌بندی و بررسی صفات موثر ارقام استفاده شد.

فرمول ۱)

$$TA_{malic\ acid\%} = ((0.0067\times10\times V1)/V))\times100$$

V1=میزان سود مصرفی، V= حجم نمونه

فرمول ۲) $$c = \left(\frac{0.88\times V}{5}\right)\times 100$$ ویتامین ث

C= میزان ویتامین ث بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه، V= حجم یدور پتاسیم بر حسب میلی لیتر

جدول ۱- اطلاعات توصیفی در مورد نام و کد ۲۵ ژنوتیپ زرشک وحشی مورد ارزیابی

Table 1- Descriptive information on the names and codes of the 25 evaluated wild barberry genotypes

ژنوتیپ Genotype	کد Code	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	کد Code	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	کد Code	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	کد Code	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	کد Code	شماره Number
طالقان۱ Taleghan 1	T1	G1	طالقان۶ Taleghan 6	T6	G6	چالوس Chalous 3	Ch 3	G11	چالوس ۸ Chalous 8	Ch8	G16	گچسر Ghachsar	AD4	G21
طالقان ۲ Taleghan 2	T2	G2	طالقان۷ Taleghan 7	T7	G7	چالوس ۴ Chalous 4	Ch 4	G12	چالوس ۹ Chalous 9	Ch9	G17	دیزین۱ Dizin1	AD5	G22
طالقان ۳ Taleghan 3	T3	G3	طالقان۸ Taleghan 8	T8	G8	چالوس ۵ Chalous 5	Ch 5	G13	آسارا ۱ Asara1	AD1	G18	دیزین ۲ Dizin2	AD6	G23
طالقان ٤ Taleghan 4	T4	G4	چالوس ۱ Chalous 1	Ch1	G9	چالوس۶ Chalous 6	Ch 6	G14	آسارا ۲ Asara2	AD2	G19	قشم Gheshm	AD7	G24
طالقان Taleghan 1 5	T5	G5	چالوس۲ Chalous 2	Ch2	G10	چالوس ۷ Chalous 7	Ch 7	G15	آسارا۳ Asara3	AD3	G20	اوشان Oshan	AD8	G25

جدول ۲- صفات کمی و کیفی مورد ارزیابی در ۲۵ ژنوتیپ زرشک وحشی

Table 2- Quantitative and qualitative traits evaluated in 25 wild barberry genotypes

زمان گلدهی کامل Time of full blooming	عادت گلدهی Flowering habit	رنگ ثانویه شاخ و برگ Foliage secondary color	رنگ شاخه در بهار Shoot color in spring	پایداری شاخ و برگ Foliage persistence	رنگ شاخ و برگ Foliage color	عادت رشدگیاه Growth habit	قدرت رشدگیاه Plant vigor
موجدار بودن برگ Leaf undulation	براق بودن برگ Leaf glossiness	رنگ سطح زیرین برگ Color of leaf lower side	بریدگی حاشیه برگ Leaf margin	پیچش برگ Leaf curvature	شکل برگ Leaf shape	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width
طول خار Spine length	شکل خار Spine shape	رنگ گل Flower color	نوک گلبرگ Petal apex	بذردهی میوه درشرایط گرده افشانی آزاد Seeds in open pollination	رنگ خارجی قرمزجوانه گل Flower bud red external color	تعداد گل درگل آذین flower No. in Inflorescence	نوع گل آذین Inflorescence type
حضورخار Spine presence	ویتامین ث Vitamin C	مواد جامد محلول TSS	اسید قابل تیتراسیون TA	موم روی سطح میوه Fruit waxiness	رنگ میوه Fruit color	شکل نوک میوه Fruit tip shape	شکل میوه Fruit shape

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها بـرای تمام صفات کمّی مورد ارزیابی در سطح یـک درصـد و بـرای صـفت تعداد حبه در خوشه در سطح پنج درصد نشـان داد (جـدول ۳). دامنـه تغییرات صفات وسعت بالایی از تغییرات را بیان کـرد (داده‌هـا نشـان داده نشده)، بالا بودن ضریب تغییرات نشان دهنـده دامنـه تنـوع بـالا برای صفت مورد نظر است که به اصلاحگر امکان انتخاب بیشتری را میدهد و میتواند در دامنه وسیع‌تر انتخاب‌های مطلوب‌تری داشته باشد.

تعداد حبه در خوشه بـا ۴۵/۵۵ ، طـول خـار بـا ۲۸/۶۷ و اسـید قابـل تیتراسیون با ۲۶/۵۸ درصد بیشترین دامنه تغییرات را داشـتند. صـفات کیفی شامل رنگ ثانویه برگ، انحنا و شکاف نوک برگ، براقی برگ، رنگ پشت برگ، شکل نوک میوه، موم روی میوه و شکل نوک میوه، خزان‌دار بودن، رنگ شاخساره در بین ژنوتیپ‌هـا یکنواخـت و بـدون واریانس بود. کمترین ضریب تغییرات در بین صفات کمّی مربـوط بـه بریکس (TSS) با ۷/۱۶ و طول میوه با ۱۳/۱۴ درصد بـود (داده‌هـای آمار توصیفی نشان داده نشده است).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کمی ژنوتیپ‌های زرشک وحشی

Table 3- Variance analysis of quantitative traits of wild barberry genotypes

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	طول برگ Ll	عرض برگ Lw	تعداد حبه Fn	طول دم حبه FPL	عرض حبه Fw	طول حبه Fl	طول خار Sl	طول خوشه RL	ویتامین ث Vit.C	اسیدقابل تیتراسیون TA	درصد کل مواد جامد محلول TSS
		میانگین مربعات Mean square										
ژنوتیپ Genotypes	24	229.81**	16.73**	44.14*	3.73**	0.87**	2.63**	30.69**	132.05**	5.89**	0.55**	6.22**
خطا Error		17.47	5.56	28.3	0.82	0.16	0.28	5.54	24.47	0.04	0.003	0.14
ضریب تغییرات CV		16.67	17.02	71.4	13.34	8.88	5.8	16.16	14.47	6.8	5.4	7.1

**و*: به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار است

** and *: Significant at the 1% and 5% levels of probability, respectively

* Abbreviations: Leaf length= Ll, Leaf width= Lw, Berries per raceme= Bpr, Fruit Pedicel Length= Fpl, Fruit width= Fw, Fruit length= Fl, Spine length= Sl, Raceme Length= RL

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش از نظر تعداد میوه تفاوت معنی‌دار وجود دارد به‌طوریکه بیشترین تعداد حبه مربوط به ژنوتیپ اوشان (AD8) با میانگین ۲۵ میوه بوده است که تفاوت زیادی با سایر ژنوتیپ‌ها داشته است در حالی که بین سایر ژنوتیپ‌ها از نظر صفت تعداد میوه اختلافی مشاهده نشد (جدول ۴). با توجه به ویژگی‌های میوه می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ اوشان(AD8) بیشترین تعداد حبه در خوشه در سال آزمایش را دارا بود. بنابراین این ژنوتیپ را می‌توان با بررسی تکمیلی بعنوان والد در کارهای اصلاحی مد نظر قرار داد.

بیشترین طول میوه مربوط به ژنوتیپ طالقان۵ (۱۱/۵۹میلی‌متر) و کمترین طول میوه مربوط به ژنوتیپ چالوس۷ (۳/۲۶ میلی‌متر) بود. . در تحقیق طالبی و همکاران (Talebi *et al.*, 2020) بیشترین طول میوه ۱۱/۹ میلی متر گزارش شد. آکبولوت و همکاران (Akbulut *et al.*, 2009) در مطالعه‌ای که به بررسی خصوصیات میوه زرشک پرداختند مشخص شد که متوسط طول و عرض میوه زرشک به ترتیب ۷/۶۹ و۳/۳۲ میلی‌متر بود که مقادیر حاصل از پژوهش حاضر بیشتر از این مقادیر بود (Akbulut *et al.*, 2009). ویتامین ث یکی از فاکتورهای ارزش غذایی میوه‌ها می باشد و اثرات مستقیم در سلامت انسان دارد. ژنوتیپ‌های وحشی زرشک با دارا بودن حداقل ۴/۷ میلی‌گرم ویتامین ث در صد گرم میوه تازه (ژنوتیپ آسارا یک) و بیشترین مقدار ویتامین ث ۱۰/۵۷ (طالقان ۴) و ۹/۶۳ (چالوس ۸) و ۹/۴ (طالقان ۸) میلی‌گرم در صد گرم میوه تازه در مقایسه به میوه‌های معتدله مثل هلو و سیب قابل توجه هستند. مقدار ویتامین ث در سیب ۴/۶، انگور ۴، گیلاس سیاه ۱۰، هلو ۶/۶ میلی‌گرم در صد گرم میوه تازه است. در توت فرنگی به عنوان گیاه شاخص این مقدار بین ۱۰ تا ۱۰۰ و متوسط ۵۸/۸ (Mezzetti *et al.*, 2016) و لیموها ۵۳ میلی‌گرم در صد گرم میوه تازه گزارش گردیده است (Fenech *et al.*, 2019). خیاط و محمود آبادی (Khayyat and Mahmudabadi, 2010) میزان ویتامین ث در زرشک اهلی را با بکار بردن تیمارهای تغذیه‌ای بین ۴ تا ۹ میلی‌گرم در صد گرم میوه تازه گزارش نمودند که در این تحقیق مقدار ویتامین ث در زرشک دانه‌دار بیشتر بود (Khayyat and Mahmudabadi, 2010). بیشترین مقدار مواد جامد محلول کل یا بریکس به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های چالوس ۸ با ۲۴/۸۳ و چالوس یک با ۲۳/۲۳ و کمترین مقدار مربوط به ژنوتیپ آسارا ۲ با ۱۸/۱ درصد بود که در گزارش خیاط و محمود آبادی (Khayyat and Mahmudabadi, 2010) بین ۱۸/۳ تا ۳۳/۰۶ گزارش گردیده ده واحد بالاتر بود. بیشترین مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون به ترتیب در ژنوتیپ‌های طالقان ۴ (۲/۶۶)، طالقان ۸ (۲/۶۵) و طالقان ۲ (۲/۴۱) بود و کمترین مقدار اسید قابل تیتراسیون در ژنوتیپ چالوس ۹ با ۱/۱۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر اسید مالیک مشاهده شد. این مقدار در زرشک بی دانه بین ۱/۰۷ تا ۲/۹۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر اسید مالیک گزارش گردیده است (Khayyat and Mahmudabadi, 2010). بیشترین میانگین طول برگ در ارقام چالوس ۳ و ۵ مشاهده شد. در میان ژنوتیپ‌ها بلندترین طول دمگل را ژنوتیپ طالقان ۷ به خود اختصاص داده است. بالاترین میزان طول خار (۲۱ میلی‌متر) در ژنوتیپ چالوس ۳ و کمترین میزان طول خار (۷ میلی‌متر) در ژنوتیپ گچسر مشاهده شد. در حالی‌که در پژوهش طالبی و همکاران (Talebi *et al.*, 2020) دامنه طول خار از ۹/۶ میلی‌متر تا ۳۹/۶ میلی‌متر در زرشک‌های شمال شرق کشور گزارش شده است. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که، حبه در خوشه در دامنه ۲۵–۱/۸۷ عدد، طول میوه در دامنه ۱۱/۵۹ –۶/۴ میلی‌متر، عرض میوه در دامنه ۵/۴۵ –۳/۲۶ میلی‌متر، طول برگ در دامنه ۵۸/۳ –۱۴/۱۲ میلی‌متر و طول دم‌میوه در دامنه ۹/۵۴ –۳/۷۶ میلی‌متر است (جدول ۴). بر اساس گزارش آکبولوت و همکاران (Akbulut *et al.*, 2009) طول و عرض میوه گونه *Berberis vulgaris* به ترتیب ۷/۶۹ و ۳/۳۲ میلی‌متر بود که در مقایسه با این بررسی دامنه تنوع کمتری داشت. مطالعات انجام شده روی ویژگی‌های میوه و بذر دو گونه زرشک *B. croatica* Horvat و *B. vulgars* L. نشان داد که شکل میوه هر دو گونه همسان بوده و در گونۀ *B .croatica* Horvat شمار بذرها در هر میوه در بازه ۱/۵۸–۱/۲۳ و در گونۀ *B. vulgars* L. ۱/۵۴–۱/۳۶ بود. به‌طورکلی میوه‌ها و بذرهای گونۀ *B. vulgars* L. بطور قابل توجهی طویل‌تر، عریض‌تر و سنگین‌تر از میوه و بذرهای گونۀ B .croatica Horvat بودند (Kremer *et al.*, 2012). همچنین گزارش شده است که بیشتر ویژگی‌های فیزیکی میوه در بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری دارند و محدوده وزن میوه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از ۰/۰۷۳ تا ۰/۲۶۳ گرم متغیر بود (Yildiz *et al.*, 2014). برتری یک ژنوتیپ زرشک بر ژنوتیپ دیگر از نظر خصوصیات مورفولوژیکی به خاطر تفاوت‌های ژنتیکی و محیطی آن‌ها می‌باشد. مطالعات انجام شده روی ویژگی‌های ریخت‌شناسی زرشک در پاکستان نشان داد که ژنوتیپ و محل رشد آن عامل‌های اصلی تعیین کننده عادت رشد، عملکرد و ارزش تغذیه‌ای میوه زرشک هستند (Ahmed *et al.*, 2013). در پژوهش حاضر از نظر طول خوشه به ترتیب ژنوتیپ‌های طالقان ۷ و دیزین ۱ ژنوتیپ‌های برتر بودند. طول خوشه از اجزای عملکرد است و می تواند تعداد بیشتری حبه را روی خود داشته باشد. بر اساس گزارشات قبلی ژنوتیپ‌های زرشک از نظر صفات ریخت شناسی دارای تفاوت‌هایی با هم هستند که مشابه نتایج پژوهش حاضر است (Farhadi and Shahidi, 2014). تحقیقات انجام شده توسط علیزاده و حسن پور روی ۲۵ ژنوتیپ زرشک نشان داد که ژنوتیپ‌های بی‌دانه به دلیل نداشتن بذر، دارای تنوع خصوصیات میوه کمتری

نسبت به ژنوتیپ‌های دانه‌دار هستند (Alizadeh and Hassanpour, 2017). با توجه به اینکه این ژنوتیپ‌ها از مناطق متفاوتی جمع آوری شدند مشاهده گردید که تنوع بسیاری از نظر ریخت‌شناسی بین آن‌ها وجود دارد.

ژنوتیپ اوشان (AD8) با میانگین ۲۵ میوه در خوشه، و ژنوتیپ‌های طالقان ۴ (۱۰/۵۷)، چالوس ۸ (۹/۶۳) و طالقان ۸ (۹/۴) دارای بیشترین مقدار ویتامین ث بر اساس میلی‌گرم در صد گرم میوه تازه و ژنوتیپ‌های چالوس ۸ با ۲۴/۸۳ درصد و چالوس ۱ با ۲۳/۲۳ درصد مواد جامد محلول، ژنوتیپ‌های برتر بودند که پس از بررسی تکمیلی می توانند در برنامه‌های اصلاحی بر مبنای دورگ‌گیری حائز اهمیت باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی در ژنوتیپ‌های زرشک وحشی مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن

Table 4- Mean comparison of quantity traits in evaluated wild barberries by Duncan's multiple range test.

صفت Trait	طول‌خار Sl*	طول‌خوشه RL	تعداد حبه در خوشه Bnr	طول‌دمگل Pl	عرض‌میوه Fw	طول‌میوه Fl	عرض‌برگ Lw	طول‌برگ Ll	ویتامین ث Vit C	اسید قابل تیتراسیون T.A.	درصد مواد جامد محلول TSS
ژنوتیپ Genotype	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mg.100 g^{-1} FW)	($mg.ml^{-1}$ malic acid)	(%)
1Ch	10.3^{hi}	39.05^{b-f}	8.15^{b}	5.3^{hi}	4.49^{a-h}	8.32^{gh}	15.4^{a-e}	43.6^{ad}	7.17^{de}	1.57^{eg}	23.23^{ab}
2Ch	14.15^{d-h}	39.15^{b-f}	6.5^{b}	5.72^{f-i}	5.19^{a-c}	9.39^{c-g}	13.1^{b-f}	31.6^{cf}	6.67^{eh}	1.36^{ik}	20.6^{di}
3Ch	24.65^{a}	37.85^{b-g}	6.1^{b}	7.9^{a-f}	3.75^{f-j}	10.14^{b-e}	17.8^{a-c}	58.3^{a}	6.53^{fi}	1.42^{gj}	20.57^{di}
4Ch	12.68^{e-i}	37.66^{b-g}	4.32^{b}	$6.91c^{-h}$	3.62^{g-j}	9.12^{d-g}	12.35^{c-f}	37.6^{be}	6.43^{gi}	1.67^{de}	19.2^{jm}
5Ch	14.75^{c-h}	26^{g-i}	5.1^{b}	6.66^{c-h}	4.37^{c-i}	8.72^{f-h}	17.3^{a-c}	55.65^{a}	6.87^{eg}	1.41^{gj}	21.23^{cf}
6Ch	18^{b-e}	41.35^{b-d}	10.7^{b}	8.48^{a-c}	3.6^{h-j}	8.72^{f-h}	18.4^{ab}	48.1^{ab}	6.8^{eg}	1.3^{il}	19.77^{gl}
7Ch	11.45^{g-i}	36.95^{b-h}	5.25^{b}	6.93^{c-h}	3.26^{j}	7.5^{hi}	13.7^{a-f}	44^{ad}	7.2^{de}	1.86^{c}	20.07^{fk}
8Ch	16^{c-h}	26.25^{gi}	4.75^{b}	6.16^{e-h}	3.53^{ij}	7.15^{i}	13.8^{a-f}	47.6^{ab}	9.63^{b}	1.46^{fi}	24.03^{a}
9Ch	20.11^{a-c}	26.18^{gi}	5.87^{b}	3.76^{i}	3.7^{f-j}	6.4^{i}	18.9^{a}	47.8^{ab}	7.07^{df}	1.12^{m}	18.77^{lm}
1T	19.31^{b-d}	39.8^{b-f}	7.6^{b}	6.86^{c-h}	4.57^{a-g}	10.22^{b-d}	9.78^{e-f}	36.52^{b-e}	5.5^{kl}	1.94^{c}	19.47^{il}
2T	10.33^{hi}	25.2^{gi}	10.7^{b}	5.51^{g-i}	3.89^{e-j}	9.79^{c-f}	11.23^{df}	36.57^{b-e}	8.63^{c}	2.41^{b}	21.27^{ce}
3T	14.24^{d-h}	27.9^{f-i}	10.5^{b}	7.1^{b-h}	4.41^{b-i}	8.98^{d-g}	9.81^{ef}	28.57^{d-f}	6.1^{hj}	1.8^{cd}	20.57^{di}
4T	12.62^{e-i}	21^{i}	3.1^{b}	5.09^{hi}	4.57^{a-g}	8.91^{e-g}	9.65^{e-f}	21^{f}	10.57^{a}	2.66^{a}	22.13^{bc}
5T	12.84^{e-i}	29.3^{e-i}	4.9^{b}	7.97^{a-e}	5.06^{a-d}	11.59^{a}	12.74^{b-f}	31.11^{c-f}	5.27^{lm}	1.17^{lm}	18.9^{km}
6T	17.34^{b-f}	22.5^{i}	5.1^{b}	5.69^{g-i}	4.21^{d-i}	9.21^{d-g}	9.54^{f}	24.43^{e-f}	6.47^{gi}	1.36^{ik}	19.53^{hl}
7T	13.76^{d-h}	53.1^{a}	6.8^{b}	9.54^{a}	4.8^{a-e}	8.94^{e-g}	10.81^{e-f}	39.62^{b-e}	7.63^{d}	1.7^{ef}	20.67^{dh}
8T	21.51^{ab}	31.65^{d-i}	1.87^{b}	9.13^{ab}	4.2^{d-j}	8.58^{f-h}	18.37^{a-b}	31.25^{c-f}	9.4^{b}	2.65^{a}	21.47^{cd}
1AD	11.83^{f-i}	22^{i}	4.4^{b}	5.45^{g-i}	5.11^{a-d}	9.02^{dg}	12.88^{bf}	33.2^{b-f}	4.7^{m}	1.38^{hk}	19.13^{jm}
2 AD	13.15^{e-i}	40.8^{b-e}	7.3^{b}	6.55^{c-h}	4.5^{a-h}	8.58^{f-h}	14.06^{a-f}	30.27^{c-f}	5.53^{jl}	1.22^{km}	18.1^{m}
3 AD	10.74^{g-i}	32.1^{c-i}	4.9^{b}	6.58^{c-h}	5.37^{ab}	10.07^{b-e}	12.6^{c-f}	34.07^{b-f}	6.06^{ik}	1.42^{fj}	19.8^{gl}
4 AD	7.96^{i}	44^{a-c}	7.9^{b}	8.17^{a-e}	5.08^{a-d}	8.6^{f-h}	16.95^{a-d}	16.95^{b-d}	6.47^{gi}	1.54^{eh}	20.17^{ej}
5 AD	10.74^{g-i}	44.3^{ab}	12.8^{b}	8.35^{a-d}	5.26^{a-c}	11.1^{ab}	13.37^{a-f}	35.88^{b-f}	8.67^{c}	1.27^{km}	18.23^{m}
6 AD	15.13^{c-h}	34.9^{b-h}	13.3^{b}	6.37^{c-h}	5.42^{a}	9.41^{c-g}	15.3^{a-f}	15.3^{a-f}	7.47^{d}	1.25^{jm}	19.1^{jm}
7 AD	16.26^{b-g}	37.45^{b-g}	3.35^{b}	7.52^{a-g}	5.45^{a}	10.47^{a-c}	14.12^{a-f}	14.12^{a-f}	7.13^{de}	1.36^{ik}	20.83^{dg}
8 AD	14.36^{d-h}	32.6^{b-i}	25^{a}	6.16^{d-h}	4.6^{a-f}	8.78^{fg}	14.45^{a-f}	14.45^{a-f}	6.77^{eg}	1.32^{il}	19.43^{il}

میانگین ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن هستند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% of probability level (Duncan's multiple range test).
* Abbreviations: Leaf length= Ll, Leaf width= Lw, Berries per raceme= Bpr, Fruit Pedicel Length= Fpl, Fruit width= Fw, Fruit length= Fl, Spine length= Sl, Raceme Length= RL

تجزیه به عامل‌ها

از تجزیه عامل‌ها جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و ارزیابی میزان تنوع بین آن‌ها استفاده می‌شود. کاربرد این روش برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که در برخی صفات با ارزش هستند (Yilmaz *et al*., 2009). چهار مولفه اول در تجزیه به عامل‌های اصلی معنی‌دار شده و در نتیجه در مدل باقی ماندند. مولفه اول ۲۶/۲۹ درصد از کل واریانس مدل را توجیه می‌کند، این درحالی است ۶۸/۳۷ درصد از مجموع واریانس توسط سه مولفه اصلی اول ایجاد شده است. بعد از چرخش وریماکس مختصات، شاهد توجیه یکنواخت‌تر واریانس‌ها هستیم به‌طوری‌که به‌ترتیب چهار عامل اصلی اول مشمول ۲۶/۲۹، ۲۱/۸۶،

۱۴/۴۶ و ۹/۷۶ درصد از مجموع واریانس هستند (جدول ۵). موثرترین صفات در توزیع ژنوتیپ‌ها صفات طول و عرض‌میوه، طول و عرض برگ و طول خار بودند که در مولفه اول جای گرفتند. در مولفه دوم صفات طول دم‌میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و طول خوشه قرار گرفتند. در مولفه سوم تعداد حبه در خوشه و در مولفه چهارم ویتامین ث به تنهایی قرار گرفتند و کمترین تاثیر را در توجیه فاصله ژنتیکی ژنوتیپ‌ها داشتند (جدول ۶).

جدول ۵- مقادیر ویژه، واریانس و درصد تجمعی واریانس در هر مولفه

Table 5- Eigenvalue and percent of variance determination in each component

مولفه Component	مقادیر ویژه Eigenvalue values	درصد واریانس (Variance %)	درصد تجمعی Cumulative (%)
1	2.89	26.29	26.29
2	2.4	21.86	48.15
3	1.59	14.46	62.61
4	1.07	9.76	72.37

جدول ۶–تجزیه به مولفه های اصلی با استفاده از صفات کمی مورد مطالعه در ۲۵ ژنوتیپ زرشک وحشی

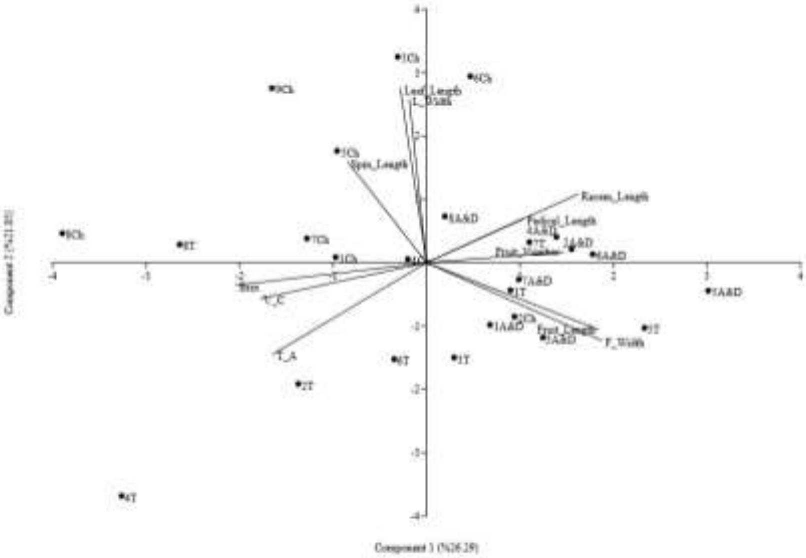
Table 6- Principle component analysis using studied traits in 25 wild genotypes of barberry

صفت Trait	مولفه اول First component	مولفه دوم Second component	مولفه سوم Third component	مولفه چهارم fourth component
طول برگ Ll *	0.730	0.053	-0.359	-0.224
عرض برگ Lw	0.692	0.258	0.234	-0.024
طول میوه Fl	-0.658	0.483	-0.260	0.034
عرض میوه Fw	-0.784	0.270	0.134	0.116
تعداد میوه Fn	-0.095	0.084	0.857	-0.195
طول خار Tl	0.552	0.143	-0.337	-0.160
طول دمگل Pl	-0.001	0.901	-0.124	-0.237
طول خوشه Rl	0.046	0.823	0.265	0.164
ویتامین ث Vitamin c	0.281	0.153	0.156	0.698
اسید قابل تیتراسیون T.A.	-0.194	0.751	-0.424	0.114
مواد جامد محلول TSS	-0.324	0.518	-0.224	-0.274

* Abbreviations: Leaf length= Ll, Leaf width= Lw, Berries per raceme= Bpr, Fruit Pedicel Length= Fpl, Fruit width= Fw, Fruit length= Fl, Spine length= Sl, Raceme Length= RL

هرچند کیفیت پلات تجزیه عاملی تنها ۴۸/۱۵ درصد است، اما ژنوتیپ‌ها به نحو مطلوب و معنی‌داری در پلات پراکنده شده‌اند، بیشتر ژنوتیپ‌ها با موقعیت جغرافیایی یکسان در پلات، در نزدیکی هم قرار گرفته‌اند (شکل ۲). این امر نشان دهنده موثر بودن شرایط محیطی رویش ژنوتیپ‌ها یافت شده در تشکیل فاصله و تنوع ژنتیکی می‌باشد. هر یک از ارقام طالقان و چالوس در نزدیکی هم قرار دارند و یکنواختی توزیع ژنتیکی در محیط‌های مذکور برای ژنوتیپ‌های یافت شده بومی را بیان می‌کنند. در پژوهشی، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای نشان داد که گونه *Mahonia aquifolium* در فاصله‌ای دور از دیگر نمونه‌های زرشک و در گروهی کاملا مجزا قرار گرفته است که می‌تواند تایید کننده تفکیک صحیح و کارایی این نوع تجزیه (مولفه‌های اصلی) باشد

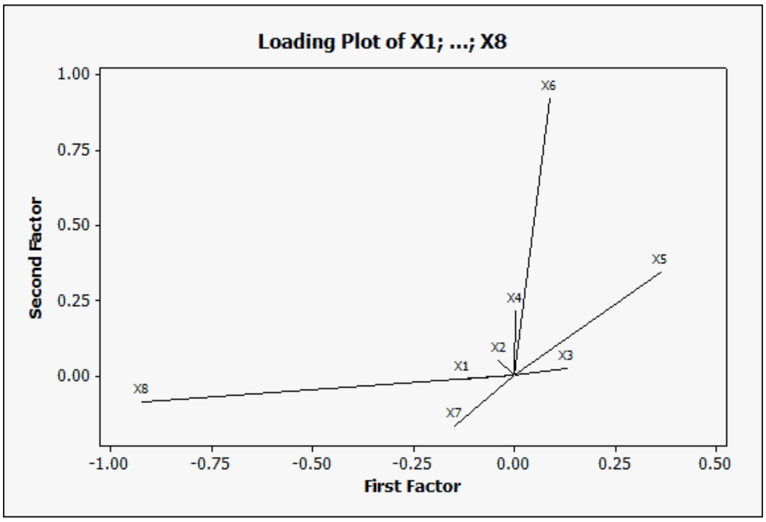
(Heidari *et al*., 2009). بر اساس بررسی‌های مورفولوژیکی مشخص شده است که جنس ماهونیا از جنس زرشک جدا شده است و رابطه خویشاوندی با آن در هاله‌ای از ابهام قرار گرفته است (Khayyat and Mahmudabadi, 2010). همچنین گزارش شده است که زرشک منطقه کلات فاصله زیادی با دیگر نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه خراسان دارد که نیاز به مطالعات گیاه‌شناسی بیشتر برای شناسایی دقیق آن می‌باشد (Heidari *et al*., 2009).



شکل ۲- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های وحشی زرشک بر اساس روش فاکتورهای اصلی

Figure 2- Grouping of wild barberry genotypes based on the main factors method

بررسی صفات با استفاده از پلات تجزیه عاملی، صفت طول برگ را به عنوان صفتی با تاثیر بالا در ایجاد واریانس در بین ژنوتیپ‌ها معرفی کرد و پس آن صفت طول میوه بیشترین واریانس را از خود نشان داده‌است، کمترین تاثیر را در ایجاد اختلاف بین ژنوتیپ‌ها، صفات طول خوشه و تعداد حبه در خوشه داشته‌اند (شکل ۳).



شکل ۳- رابطه بین صفات با استفاده از روش تجزیه به فاکتورهای اصلی

(X1) طول خار؛ (X2) طول خوشه؛ (X3) تعداد حبه در خوشه ؛ (X4) طول دمگل؛ (X5) عرض میوه؛ (X6) طول میوه؛ (X7) عرض برگ؛ (X8) طول برگ

Figure 3- The relationship between traits using analysis the main factors method

Spines length= X1; Raceme Length= X2; Berries per raceme= X3; Pedicel Length= X4; Fruit width= X5; Fruit length= X6; Leaf width=X7; Leaf length=X8

همبستگی صفات

بـرای درک رابطـه منطقـی بـین صـفات از همبسـتگی اسـتفاده می‌شود. همبستگی روش مناسبی جهـت مطالعـه صـفاتی اسـت کـه اندازه‌گیری آن‌ها به راحتی امکان‌پذیر نیست. همبستگی مثبت و منفی معنی‌دار بین تعدادی از صفات مورد مطالعه در این پژوهش در جـدول ۷ نشان داده شده است. بیشترین همبسـتگی مثبـت و معنـی‌دار بـین میزان ویتامین ث میوه و طول دمگل، عرض بـرگ و بطـور کلـی بـا زیست توده درختان است و این قابل توجه است که درختان قـوی تـر با برگ‌های بزرگتر میزان ویتامین ث بیشتری تولید می‌کنند. همچنین مواد جامد محلول در میوه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول و عرض برگ، طول خار و طول دمگل دارد. اسید قابل تیتراسـیون هـم همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول خار، طول میوه و طـول دمگـل دارد. همچنین هم همبستگی مثبت و معنـی‌داری بـین صـفات طـول دمگل و طول خوشه وجود داشت. با توجه به این نتایج ژنوتیـپ‌هـایی که طول دمگل بلندتری دارند دارای طول خوشه بلندتری نیز می‌باشند (جدول ۳). صفات طول برگ و عـرض میـوه دارای رابطـه معنـی‌دار، معکوسی هستند به نحوی که با افـزایش طـول بـرگ، عـرض میـوه کاهش یافته است، احتمالا از این صفت بتوان به عنوان یـک نشـانگر مورفولوژیک در تشخیص ابعاد میوه در ارقـام مختلـف زرشـک بـومی استفاده نمود. طول میوه بـا عـرض میـوه دارای همبسـتگی مثبـت و معنی‌داری هستند به این معنی که در ارقـام بـا افـزایش طـول میـوه، عرض میوه نیز افزایش می‌یابد و شکل میوه در ابعادی یکنواخت حفظ می‌شود (جدول ۷). محققان دیگر نیز همبستگی مثبت معنی‌داری بین طول و عرض میوه زرشـک را گـزارش کـرده‌انـد (Akbulut *et al.*, ; Alizadeh and Hassanpour, 20172009). بـا توجـه بـه همبستگی بین صفات می‌توان عنوان داشت، صفاتی که انـدازه‌گیـری شده‌اند می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش و یا کاهش یک صفت مشخص از تغییر در سایر صفات نیز بهره برد.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف ژنوتیپ¬های زرشک وحشی

Table 7- Correlation coefficients between different traits of barberry genotypes

صفات Traits	Sl	Rl	Bnr خوشه	Pl	Fw	Fl	Lw	Ll	TSS	Vit. C	T.A.
طول خار Sl	1										
طول خوشه RL	-0.083	1									
تعداد حبه در خوشه Bpr	-0.144	0.183	1								
طول دم‌گل PL	0.111	0.631**	-0.025	1							
عرض میوه FW	-0.356	0.179	0.117	0.123	1						
طول میوه FL	-0.090	0.174	0.066	0.393	0.579**	1					
عرض برگ LW	0.352	0.155	.030	0.143	-0.204	-0.339	1				
طول برگ Ll	0.321	0.040	-0.286	0.020	-0.615**	-0.262	0.340	1			
مواد جامد محلول TSS	0.747**	0.220	0.13	0.68**	0.23	0.14	0.790**	0.610**	1		
Vitamin C ویتامین ث	0.686**	0.440*	0.757**	0.948**	0.310	0.270	0.976**	0.690**	0.002	1	
اسید قابل تیتراسیون T.A.	0. 959**	0.250	0.256	0.747**	0.210	0.710**	0.170	0.080	0.00	0.020	1

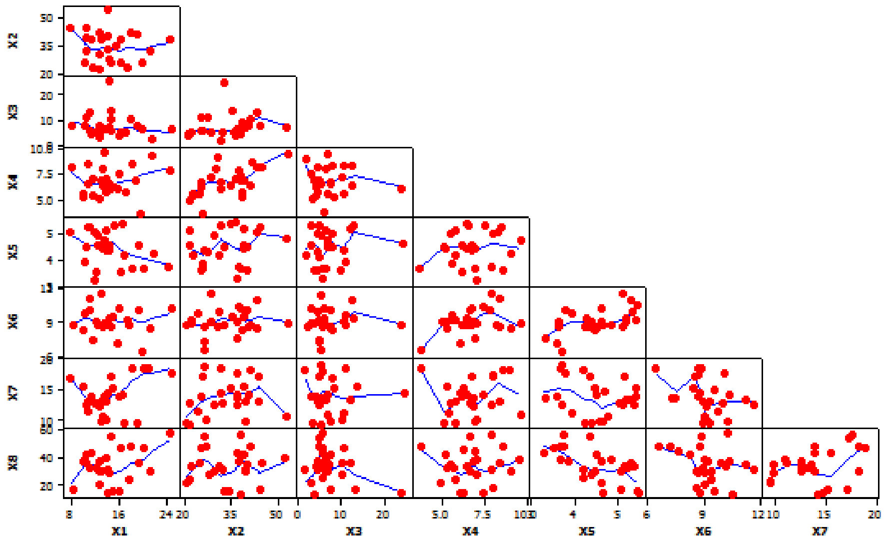
** و * به ترتیب معنی‌دار شدن در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

** and * : Significant at the 1% and 5% of probability levels, respectively

Abbreviations: Leaf length= Ll, Leaf width= Lw, Berries per raceme= Bpr, Fruit Pedicel Length= Fpl, Fruit width= Fw, Fruit length= Fl, Spines length= Sl, Raceme Length= RL

ژنوتیپ‌های زرشک (دانه دار) دارای میوه بزرگ تر به دلیل بذور و احیانا گوشت میوه و آب میوه بیشتر (در سایر ریز میوه‌ها بذور به دلیل تولید تنظیم کنندهای رشد موجب رشد حبه نیز می‌شوند) دارای مرغوبیت بالاتری بوده و از اهمیت اقتصادی بالاتری برخوردار هستند. شاید بتوان برای افزایش اندازه و وزن میوه صفاتی مانند طول خوشه را افزایش داد در حالی که صفاتی مانند طول دمبرگ و طول خار را به عنوان نشانگر ریخت‌شناسی کاهش داد. به نظر این همبستگی منطقی می‌نماید چرا که طول خار با صفت وحشی بودن (wild types) همراه است عموما با اهلی شدن ژنوتیپ‌ها خار کمتر و یا پهنک برگ بزرگتر و دمبرگ کوتاه‌تر همراه است که در ارقام تجاری بسیاری گونه‌ها مانند آلوها و زردآلو صادق است.

شکل ۴، نمایان‌گر ارتباط دو به دوی صفات و پراکنش ژنوتیپ‌ها در داخل و درون آن‌ها می‌باشد. همبستگی مثبت بین صفات طول‌دمگل و طول‌خوشه و همبستگی منفی بین صفات عرض میوه و طول برگ بیان کننده ارتباط شدید این دو صفت در تشکیل فاصله ژنتیکی ژنوتیپ‌ها است و اهمیت آنها در ایجاد واریانس در بین ژنوتیپ‌ها است.



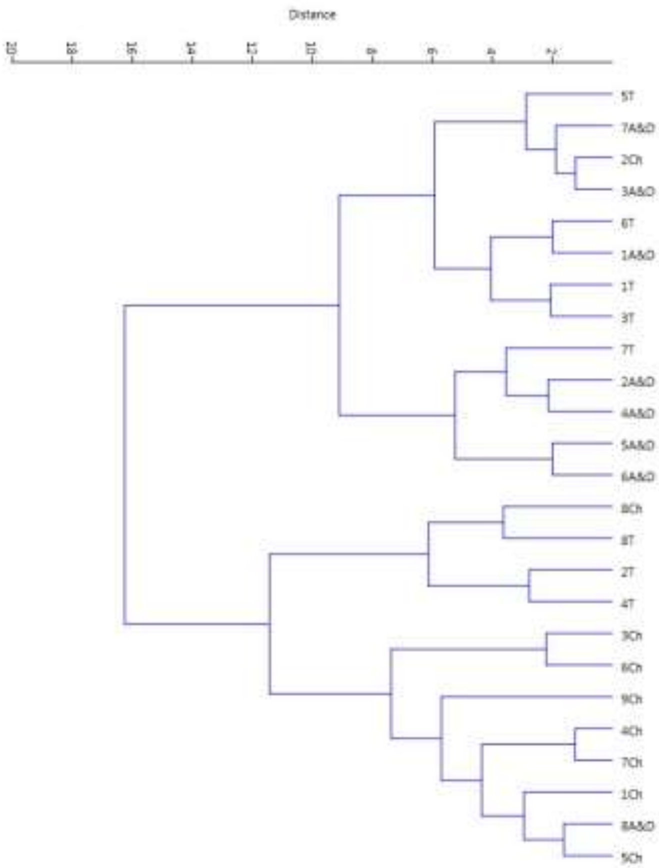
شکل ۴– گروه‌بندی ژنوتیپ‌های وحشی زرشک با توجه به صفات مختلف و همبستگی حاصل از آن

(X1) طول خار؛ (X2) طول خوشه؛ (X3) تعداد حبه در خوشه ؛ (X4) طول دمگل؛ (X5) عرض میوه؛ (X6) طول میوه؛ (X7) عرض برگ؛ (X8) طول برگ

Figure 4- Grouping of wild barberry genotypes according to different traits and the resulting correlation

Spines length= X1; Raceme Length= X2; Berries per raceme= X3; Pedicel Length= X4; Fruit width= X5; Fruit length= X6; Leaf width=X7; Leaf length=X8

هدف از تجزیه کلاستر تعیین شباهت‌ها و تفاوت‌های بین ژنوتیپ‌ها وحشی زرشک مورد مطالعه در این پژوهش بود. تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های زرشک بر اساس صفات مورفولوژیکی در فاصله ۶/۲ اقلیدسی ژنوتیپ‌های زرشک وحشی را به پنج گروه اصلی تفکیک نمود (شکل ۵). در گروه یک ژنوتیپ‌های ارتفاعات مختلف در مسیر جاده چالوس، خوزنکلا و آسارا در زیر گروه‌های مشابه قرار گرفتند که نشانگر نزدیکی جغرافیایی و منشا احتمالی یکسان است. ژنوتیپ‌های گروه یک بالاترین طول و عرض میوه، طول و عرض برگ و طول خار را داشتند. در گروه سه ژنوتیپ‌های طالقان (۲، ۴ و ۸) و چالوس ۸ در زیر گروه‌های مشابه قرار گرفتند و همچنین در گروه چهار و پنج ژنوتیپ‌هایی از جاده چالوس (بجز یک ژنوتیپ) قرار دارند. همگی موید این موضوع است که ژنوتیپ‌های با نزدیکی مکانی بدلیل منشا احتمالی یکسان دارای تشابه بیشتر هستند. ژنوتیپ‌های یک گروه بر اساس ویژگی‌های ریخت شناسی ممکن است به چند زیر گروه تقسیم شوند (Kafi and Balandary, 2002) البته تاثیر عوامل محیطی در بروز این صفات را نباید نادیده گرفت (Rezaei *et al*., 2011). با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مشخص شد که ژنوتیپ‌هایی که دارای شباهت بیشتری بوده‌اند ممکن است قرابت بیشتری با هم داشته باشند یا از نظر شرایط آب و هوایی محیط رشد مشابه باشند. تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های مختلف زرشک بیانگر وجود تنوع بالا در بین آن‌ها می‌باشد (Alizadeh and Hassanpour, 2017) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. در تحقیقی مشابه، نمونه‌های زرشک بی دانه *B. vulgaris* فاصله قابل توجهی با سایر نمونه‌های وحشی مورد مطالعه نداشت و در یک گروه قرار داشتند (Kafi and Balandary, 2002).



شکل ۵- گروه بندی ژنوتیپ‌های وحشی زرشک بر اساس روش Average linkage (Between groups)
Figure 5- Dendrogram of grouping wild barberry genotypes based on Average linkage (Between groups) method

این تحقیق در نمونه های زرشک دانه‌دار که نماینده بخش قابل توجهی از ژرم پلاسم وحشی دامنه های جنوبی البرز است، بیانگر تنوع مورفولوژیکی بالا در بین ژنوتیپ‌هاست که گزارش بوتینی و همکاران (Bottini *et al*., 2000) در ارتباط با تنوع فنوتیپی بالا در زرشک را تایید می‌کند. افزایش تنوع در میان گیاهان مهم‌ترین عامل در تهیه برنامه‌های اصلاحی و تولید ارقام جدید با صفات مطلوب و اقتصادی است. بررسی تنوع ژنتیکی این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان هیبریدهای قوی‌تر را از مسیرهایی راحت‌تر فراهم کرد. در این میان ژنوتیپ‌های طالقان ۴، چالوس ۸ و طالقان ۸ با بیشترین میزان ویتامین ث و طالقان ۵ با بیشترین اندازه میوه می‌توانند به عنوان والد در برنامه‌های اصلاحی قابل اهمیت باشند.



شکل ۶- زرشک ژنوتیپ طالقان دو (راست) و طالقان چهار (چپ)
Figure 6- Barberry genotypes from Talegan2 (right) and Talegan 4 (left)

منابع

1- Ahmadi K., Ebadzadeh H.R., Hatami F., Hossinpoor and R. Abdshah H. 2019. Agriculture Statistics of Iran- third dimension-Horticultur crops. (In Persian)

2- Ahmed M., Anjum M.A., Naz R. M.M., Khan M.R., and Hussain S. 2013. Characterization of indigenous barberry germplasm in Pakistan: variability in morphological characteristics and nutritional composition, Fruits 68: 409-422. DOI: https://doi.org/10.1051/fruits/2013085.

3- Akbulut M., Çalis S., Marakoglu T., and Çoklar H. 2009. Some physico-mechanical and nutritional properties of Barberry (*Berberis vulgaris* L.), Journal of Food Process Engineering 32: 497-511. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00229.x.

4- Alizadeh Sh., and Hassanpour H. 2017. Evaluation of fruit morphological properties of some wild barberry (*Berberis spp.*) genotypes in West Azerbaijan, Iranian Journal of Horticultural Science 48: 27-37.

5- Anderson G.J., Bernardello G., Stuessy, T.F., and Crawford D.J. 2001. Breeding system and pollination of selected plants endemic to Juan Fernandez Islands. American Journal of Botany 88: 220-233. https://doi.org/10.2307/2657013.

6- A.O.A.C. 2002. Vitamin C (ascorbic acid) in vitamin preparations and juices: 2, 6 dichloroindophenol titrimetric method final action. In W. Horwitz (Ed.), Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists Official Method 967, 21.

7- Blumenthal M. 1998. The complete German Commission E Monographs: Therapeutic Guide to Herbal Medicines, Austin: American Botanical Council.

8- Bottini M.C.J., De Bustos A., Jouve N., and Poggio L. 2002. AFLP characterization of natural populations of Berberis (Berberidaceae) in Patagonia, Argentina, Plant Systematic and Evolution Journal 133-142. https://doi.org/10.1007/s006060200015.

9- Bottini M.C.J., Greizerstein E J., Aulicino M.B., and Poggio L. 2000. Relationships among genome size, environmental conditions and geographical distributions in natural populations of NW patagonian species of *Berberis*, Annals of Botany 86(3): 565-573. https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1218.

10- Cadic A. 1992. Breeding for ever-red barberries (*Berberis* spp.), Acta Horticulturae 320: 85-90. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.320.11

11- Duke J.A. 2002. Hand book of Medicinal Herbs, Second Edition Boca Raton, FL: CR cpress, 899.

12- Eftekhari A., Hasandokht M.R., Fatahi moghaddam M.R., and Kashi K. 2010. Genetic diversity of Iranian spinach genotypes (*Spinacia oleracea* L.) using morphological traits. Iranian Journal of Horticultural Science 83-93. (In Persian with English abstract)

13- Farhadi-Chitgar M., and Shahidi F. 2014. Evaluation of physical and chemical properties of three Iranian native barberries, Journal of Food Research 24: 63-76. (In Persian with English abstract)

14- Fenech M., Amaya I., Valpuesta V., and Botella M.A. 2019. Vitamin C Content in Fruits: Biosynthesis and Regulation. Review, Frontiers in Plant Science 9: 1-21. http:// doi.org/10.3389/fpls.2018.02006.

15- Heidary S., Marashi H., Farsi M., and Mirshamsi-Kakhki A. 2009. Assessment of variation in wild and cultivated *Berberis* populations of Khorasan provinces using morphological markers and comparing to data resulted from AFLP markers, Journal of Iranian Agronomic Investigations 7: 401–410. (In Persian with English abstract)

16- Kafi M., and Balandary A. 2002. *Berberis*: Production and Processing, Zaban va adab Press Iran, p. 1-209. (In Persian with English abstract)

17- Kim Y.D., and Jansen R.K. 1994. Characterization and phylogenetic distribution of a chloroplast DNA rearrangement in the Berberidaceae, Plant Systematic and Evolution 193: 107-114. https://doi.org/10.1007/BF00983544.

18- Khayyat M., and Mahmudabadi M. 2010. Effect of Mangenez, boron, potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of barberry. First international barberry and jujube congress Birjand, Iran. (In Persian with English abstract)

19- Kremer D., Grubesic R., Popovic Z., and Karlovic K. 2012. Fruit and seed traits of Berberis croatica Horvat and *Berberis vulgaris* L., Acta Botanica Croatica 7(1): 115-123. https://doi.org/10.2478/v10184-010-0028-z.

20- Mezzetti B., Balducci F., Capocasa F., Zhong C.F., Cappelletti R., Di Vittori L., Mazzoni L., Giampieri F., and Battino M. 2016. Breeding strawberry for higher phytochemicals content and claim it: is it possible, Int. Journal Fruit Science 16: 194–206. https://doi.org/10.1080/15538362.2016.1250695.

21- Naghavi M., Gharehyazi B., and Hoseini Salkadeh Gh. 2007. Molecular Markers. Tehran University Publishment, Tehran. (In Persian with English abstract)

22- Peterson Jr P.D. 2003. The common barberry: the past and present situation in Minnesota and the risk of wheat stem rust epidemics USA. (Ph.D. thesis).

23- Rezaei M., Ebadi A., Reim S., Fatahi R., Balandary A., Farrokhi N., and Magda Viola H. 2011. Molecular analysis of Iranian seedless barberries via SSR, Scientia Horticulturae 129: 702-709. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.05.021.

24- Rezaei M., Sarkhosh A., and Balandari A. 2020. Characterization of Valuable Indigenous Barberry (*Berberis* sp.)

Germplasm by Using Multivariate Analysis, International Journal of Fruit Science 20(1): 1–19. https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1555508.

25- Sun X., Zhang X., and Hu H. 2009. Berberine inhibits hepatic stellate cell proliferation and prevents experimental liver fibrosis, Biological and Pharmaceutical Bulletin 32(9): 1533–1537. https://doi.org/10.1248/bpb.32.1533.

26- Tahan Z., and Danaee H. 2012. Analysis of the Factors Affecting the Marketing of Exports, Case Study of Barberry, Commercial Reviews 55(4): 72-87. (In Persian)

27- Talebi S., Alizadh M., Ramezanpour S.S., and Ghasemnejad A .2020. Study of morphological characteristics of different *Berberis* spp. genotypes in northeast of Iran, Journal of Plant Production 27(1): 75–91. DOI: 10.22069/JOPP.2020.15524.2396.

28- Yildiz H., Ercisli S., Sengul M., Topdas E.F., Beyhan O., Cakir O., Narmanlioglu H.K., and Orhan E. 2014. Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant characteristics of non-sprayed barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits from Turkey. Erwerbs -Obstbau 56: 123 -129. https://doi.org/10.1007/s10341-014-0216-4.

29- Yilmaz K.U., Zengin Y., Ercisli S., Orhan E., Yalcinkaya E., Taner O., and Erdogan A. 2009. Biodiversity, exositu conservation and characterization of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) genotypes in Turkey. Biotechnol Biotechnol Equipment 23(1): 1143-1149.

30- Yin J., Xing H., and Ye J. 2008. Efficacy of berberine in patients with type 2 diabetes mellitus, Metabolism: Clinical and Experimental 57(5): 712–717. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2008.01.013.